

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-111494

(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
C23F 4/00
H01L 21/3065
H01Q 13/08

(21)Application number : 09-265448

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 30.09.1997

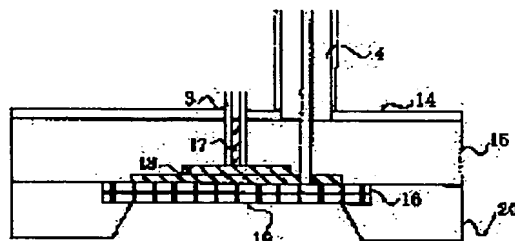
(72)Inventor : NEGISHI NOBUYUKI
YOKOGAWA KATANOBU
YAMAMOTO SEIJI
IZAWA MASARU
TAJI SHINICHI

(54) PLASMA PROCESSING UNIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To implement an etching characteristic such as a high uniformity, an excellent accuracy and a high speed in the case of a large aperture wafer of 12 inches or more.

SOLUTION: In this unit, a raw material gas is made plasmatic by introducing an electromagnetic wave from an electromagnetic wave radiation antenna composed of three layers structure consisting of a conductor plate 16, a dielectric 15, and an earth potential conductor plate 14. In this electromagnetic wave radiation antenna, a gas leading passage 3 is formed by penetrating it into an area having an electric field strength value of $1/3$ or less to that of the largest value generated in the antenna. Accordingly, an excellent accuracy etching for an oxidized film is implemented by an uniform supply of a raw material gas and by an improvement of a plasma uniformity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.06.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision] 2005-13417

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-111494

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

B

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

A

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 Q 13/08

H 0 1 L 21/302

B

H 0 1 Q 13/08

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-265448

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月30日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 根岸 伸幸

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 横川 賢悦

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 山本 清二

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

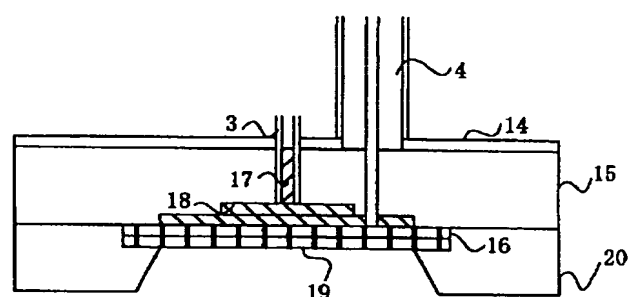
(57) 【要約】

【課題】 12インチ以降の大口径ウエーハに対しても高均一性、高精度、高速といったエッチング特性を達成する。

【解決手段】 導体板16と誘電体15とアース電位導体板14の3層構造からなる電磁波放射アンテナに、ガスの導入経路3をアンテナ部に発生する電界強度の最大値の1/3以下の領域に貫通させて形成する。

【効果】 原料ガスの均一供給とプラズマ均一性の向上により、高精度な酸化膜エッチングが可能となる。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】容器と、前記容器に原料ガスを導入するガス導入手段と、前記原料ガスを、導体板と誘電体とアース電位導体の3層構造からなる電磁波放射アンテナから電磁波を導入することによりプラズマ化する手段とを有し、前記ガス導入手段のガスの導入経路は、前記アンテナの、前記アンテナ部に発生する電界強度の最大値の1/3以下の領域に貫通されて形成されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】前記電磁波は、300MHz～1GHzの電磁波であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】前記容器外部に、前記プラズマを発生させるための磁場印加手段が設けられており、前記磁場印加手段は、空心コイル、永久磁石、空心コイルと永久磁石の組み合わせの何れかの構成であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】前記アンテナに、さらに50kHz～20MHzの高周波電力を重畳させることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】容器と、前記容器に原料ガスを導入するガス導入手段と、前記原料ガスを、導体板と誘電体とアース電位導体の3層構造からなる電磁波放射アンテナから電磁波を導入することによりプラズマ化する手段とを有し、前記アンテナ部に電界強度の定在波が形成されており、前記ガス導入手段のガス導入経路が前記定在波の節を中心とする5cm以内の領域に前記アンテナを貫通して形成されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】前記ガス導入経路に、孔径が50マイクロメートル以上500マイクロメートル以下である多孔質部材を充填することを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】容器と、前記容器に原料ガスを導入するガス導入手段と、導体板と誘電体とアース電位導体の3層構造からなる電磁波放射アンテナにより電磁波を導入することにより前記原料ガスをプラズマ化する手段とを有し、前記アンテナに電力を導入する同軸線路の芯線が導体板近傍でテーパ形状をして前記導体板に接続されており、給電点を円周状に配置したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項8】前記電磁波は、300MHz～1GHzの電磁波であることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体製造装置、特にエッチング行程の中でも主に酸化ケイ素を主成分とする層間絶縁膜のエッチングに用いられるプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイスプロセスにおいて、ウエーハの12インチ化が間近に迫っており、半導体プロセス装置、特にプラズマを用いたドライエッチング装置においてはいかに均一に表面処理を行うかがエッチング特性、スループット両面から極めて重要となっている。エッチングの均一化に不可欠な要素とは、ラジカルとイオン両フラックスのウエーハへの均一供給が挙げられる。ラジカルには、気相中のラジカル、レジスト等のウエーハ上における反応生成物、プラズマに接している壁等の表面における反応生成物が考えられるが、これらフラックスのウエーハへの均一入射を確保するためには、ガス流れを制御する必要がある。また、イオンフラックスの均一性にはプラズマの均一性と電場、磁場を制御しなければならない。

【0003】従来の酸化膜エッチング装置はプラズマ密度によって大きく二つの系統に分けることができる。一方は平行平板型に代表される低中密度プラズマ型で、他方はECR(electron cyclotron resonance)型に代表される高密度プラズマ型である。平行平板型の場合、電極間隔が1～2cmの狭電極構造にてラジカル、イオン両フラックスをウエーハに均一供給するために、上部電極にガス導入経路を設け、電極表面からガスを均一供給できるようなシャワープレート構造をとっている。プラズマの均一性については基本的に磁場が存在しないため、狭電極構造においても確保できる。一方、ECR型の場合、ガス供給は平行平板型同様、電磁波導入窓直下にシャワープレートを設けウエーハ上でのラジカルフラックスの均一入射が可能となるように構成されているが、プラズマの均一性に関しては磁場によるプラズマのトラップを考慮して、ある程度拡散させることにより均一性を達成している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、酸化膜エッチング装置には前述したように平行平板型に代表される低中密度プラズマ型とECR型に代表される高密度プラズマ型とがあるが、先に述べたように12インチ以降のウエーハの大口径化、半導体装置の素子の微細化に伴い、さらなる高精度酸化膜エッチングを目指して、新たなプラズマ源を搭載したエッチング装置の研究開発が盛んであり、UHF帯ECRプラズマ型もそのひとつである。プラズマ励起周波数として300MHz～1GHzのUHF帯電磁波を用い、エッチング処理室外部に設けた磁場印加手段による磁場との電子サイクロトロン共鳴を積極的に利用することで、 10^{11} cm^{-3} 台の中密度かつ拡散領域が1～2.5eVという低電子温度のプラズマを実現することが可能である。

【0005】この装置の場合、電磁波の導入は、同軸線路を介しアース電位導体、誘電体、導体板という構造をとるマイクロストリップアンテナ(以後、MSAと呼ぶ。)にて行われる。したがって、数十MHz程度の高

周波を用いる平行平板型の場合と異なり、アンテナ内部すなわちアース電位導体と導体板との間の誘電体内には発生する励振モードに応じた定在波が形成されており、強い電界が生じてしまう。従って、むやみな位置にガス導入経路を配したり、ガス導入管の大きさを無配慮に設計することは異常放電の原因となりかねず、現状ではアンテナ周辺の比較的電界強度の低いと考えられる領域から導入しているが、これはアンテナ表面反応による活性種やレジスト等のウエーハ表面からの活性種の分布を乱すことになり、エッチングの均一性に障害をもたらしている。また、MSA構造をとるアンテナでは、電界ベクトルの成分が導体板の場所により異なっている。導体板中央ではウエーハに向かう縦成分の電界が強いのにに対し、周辺部では横成分の電界が顕著である。したがって、縦磁場との相互作用による電子サイクロトロン共鳴現象を用いてプラズマを生成する場合、周辺領域が中央部に比べ高密度になりやすく、ウエーハ表面で均一性を達成するためにはアンテナーウエーハ間距離をある程度離す必要があった。

【0006】本発明目的は、上記UHF帯ECR型エッチング装置における原料ガス導入手段を改善し、活性種のウエーハへの輸送を均一化すること、さらにアンテナーウエーハ間距離を5～10cmと狭帯化しイオンフラックスを均一化することにより、12インチ以降のウエーハの大口径化に対し、シリコン酸化膜のエッチングを0.2マイクロメートル以下のレベルでも均一、高精度且つ高速に行うことが可能なエッチング装置を実現することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的は、導体板と誘電体とアース電位導体板の3層構造からなる電磁波放射アンテナに、ガスの導入経路をアンテナ部に発生する電界強度の最大値の1/3以下の領域に貫通させて形成することによって達成される。これによれば、電磁波導入手段であるアンテナ内部に電界が生じている場合、ガス導入経路を最大電界値の1/3以下の領域に配置することにより異常放電を抑制でき、高効率でプラズマ発生部に電力を供給できる。また異常放電に伴うガス導入経路側壁へのポリマー膜堆積が起らないため、安定したガス供給が可能となる。また、300MHz～1GHzの電磁波を導入した場合、顕著に効果がある。

【0008】また、前記プラズマ処理装置のプラズマ発生部に磁場印加手段を設け、その構成を空心コイルのみ、永久磁石のみ、空心コイルと永久磁石の組み合わせの何れかとすれば、電磁波と磁場との相互作用によるプラズマ形成が可能となるため、プラズマ密度の向上が実現できる。

【0009】また、300MHz～1GHzの電磁波導入手段である平面構造のアンテナに、50KHz～20MHzの高周波電力を重畳させれば、導体板前面のシ

ス長が大きくなることにより電子と中性粒子との衝突回数が增えるので、導体板前面のプラズマ密度が増大し、均一性の向上が可能である。

【0010】また、アンテナ部に電界強度の定在波が形成されているため、ガス導入経路を定在波の節を中心とする幅5cmの領域に配置させても良い。これによれば、電磁波放射手段であるアンテナ内部に励振モードに応じた定在波が形成される場合、ガス導入経路を定在波の節近傍に配置することで異常放電を抑制できる。

【0011】また、ガス導入経路の一部または全体に孔径が50マイクロメートル～500マイクロメートルである多孔質部材を充填させると、ガスを通過させる多孔質部材の孔径が、放電可能空間以下であるために、異常放電を抑制できる。

【0012】また、電磁波導入手段が導体板と誘電体とアース電位導体の3層構造からなる電磁波放射アンテナであり、前記アンテナに電力を導入する同軸線路の芯線が導体板近傍でテーパー形状をして前記導体板に接続されており、給電点を円周状に配置させても良い。この手段によれば、TM01モードに代表される軸対称モードをプラズマとカップリングさせる場合、一点偏心給電ではなく、多点同位相給電とすることができ、プラズマの均一性向上が実現できる。

【0013】

【発明の実施の形態】

（実施例1）本発明による実施の形態を以下で説明する。

【0014】本発明の実施に用いるエッチング装置概略図を図1に示す。本実施例では真空容器1の周囲に空心コイル2が設置されている。真空容器にはガス導入管3により原料ガスを導入し、同軸線路4を介して電磁波放射アンテナ5に500MHz電源6にて発生したの電磁波を供給して、前記空心コイルにより発生した磁場との相互作用によりプラズマを発生させる。真空容器には下部電極7があり、この上に被加工試料10を設置する。この下部電極には、800KHzの高周波バイアス電源8がブロッキングコンデンサ9を介して接続されており、発生するおよそ1kV～2kVのVppによりイオンを引き込んでエッチングを行う。本実施例では原料ガスとして、C₄F₈とArの混合ガスを真空容器内に導入して、5～20mTorrになるように調整し、シリコン酸化膜のエッチングを行う。

【0015】次に、電磁波供給系について詳しく説明する。図2は電磁波供給系である電磁波放射アンテナの詳細図である。UHF電源により発生した500MHzの電磁波は、同軸線路によりアース電位の導体板14に誘電体15を介して設置されたアルミニウム製の円板状導体板16に供給される。円板状導体板径をある特性長にしておくことにより、励振モードが誘電体との界面に形成される。本実施例ではTM11モードの励振が可能な

10

20

30

40

50

直径約15cmの導体板を用いている。本発明で基本となっているアース電位導体板、誘電体、導体板というMSA構造においては、給電点位置により、給電点からのインピーダンスが変化する。その値は一般的に中心から導体板の端までで、0から約300Ωである。したがって、インピーダンス整合をとり高効率で電磁波を導体板裏面まで輸送しプラズマを発生維持させるために、図1に示すように導体板の中心を避けた偏心点に給電を行い、高い放射効率を達成している。また、この際、同軸線路からの電磁波を二系統に分割し、一方を4分の1波長長い線路にしておき円板状導体板上の二点に供給することも可能である。電磁波の伝送線路を4分の1波長分ずらしておくことにより位相を90度ずらすことができ、円板状導体板上で回転電場を合成することで円偏波を励起できる。これにより、一点偏心給電に比べ放射電界の軸対称性と、電子サイクロトロン共鳴による電磁波の電子の運動エネルギーへの吸収効率が向上する。

【0016】次に、原料ガスの導入について説明する。原料ガスは原料ガス供給パイプによりアース電位導体板の裏面から導入されている。ガスの導入口は電磁波放射アンテナ部の中心に位置しており、さらに多孔質セラミック17にて充填されている。これにより、TM11モードを励振するMSA構造においては、径方向の中心では電圧が節となっていること、さらに50～500マイクロメートルの放電可能空間以下の微細孔を有している多孔質セラミック中をガスが通過することで局所放電を防止することができる。誘電体には径の異なる多孔質セラミック円板18が設けられている。これによりガスの均一分散を行うことが可能である。また、プラズマと直接接する電磁波放射アンテナである導体板には少なくとも10個以上の微細孔が設けられており、プラズマ空間中にガスを均一に放射する構造となっている。

【0017】図3は飽和イオン電流密度の径方向分布を示す図である。プラズマガスはAr145sccmにO250sccmを混合し1Paに調整している。500MHzの電磁波のみでプラズマを形成した場合、中央部に比べ周辺部がやや高密度になっていることがわかる。これに対し、500MHzに加え85KHzバイアス電源13で発生した高周波電力200Wを重畳した場合、30cmの直径ではほぼ均一となっている。これは先に述べたように、放射電界ベクトルの向きが特にアンテナ近傍にて径方向で異なることによる。アンテナの導体板中央部では縦向きの電界が強いのにに対し、周辺部では真空容器壁へ向かう横向きの電界が顕著になる。本実施例では、空心コイルによる縦磁場との電子サイクロトロン共鳴を用いるため、ある程度拡散を利用しない限りは周辺部の密度が高くなるのである。しかし、85KHzの高周波電力を重畳することにより、-20Vであったアンテナの導体板表面のVdcが-250Vと増大し、アンテナの導体板前面のイオンシース長がおよそ7倍大きく

なる。したがって、イオンシース領域においてマグネトロン効果により電子に吸収される電磁波の効率が向上するため、中央部の密度も上がり、均一性の達成できる領域が広がるのである。

【0018】また、本実施例では導体板をグラファイト板19で覆っているが、プラズマ中で発生しレジストマスクやシリコン窒化膜とシリコン酸化膜との選択比を低下させる原因となるFを、表面反応を用いて選択比発現に有用なCF、CF₂という活性種に変換することができる材料であれば、同様の効果が得られる。

【0019】（実施例2）次に図1の装置を用いているが、電磁波供給系のみ異なる別の実施形態について説明する。図4は電磁波放射アンテナの詳細図である。本実施例は給電点付近の構造と原料ガスの導入方法が大きく異なる。同軸線路を伝わってきた電磁波は電磁波放射アンテナであるアルミニウム製の導体板に供給されるが、同軸線路先端を図4に示すようにテーパ状21にすることにより、給電点をアンテナに対し同心円状に配置することができる。本実施例の場合、アルミニウム製の導体板径を約23cmとTM01モードが励振できる構成にしているため、同心円上の各給電点における電磁波は同位相で供給されることになり、アンテナ内部及びアンテナ極近傍の電界分布は軸対称となる。したがって、図3で示したように本実施例においても500MHzの電磁波に重畳させて高周波バイアスを印加することで、被加工試料に対し均一なプラズマが5～10cmの間隔において生成可能となる。この際の給電点である同軸線路先端径であるが、インピーダンス整合をとり高効率で電磁波をアンテナまで供給できるよう調整している。

【0020】次に原料ガスの導入について説明する。本実施例では電磁波に500MHzのUHF帯電力を導入する同軸線路の途中にノッチフィルタ22と呼ばれる低域通過フィルタが内蔵された同軸線路の分岐を設けている。同軸線路長を1/4波長に調整しているため、ノッチフィルタ先端では電圧は節となっており、ここからUHF帯の電磁波に対し影響を与えることなく原料ガスを同軸線路の芯線23に導入することができる。高周波電力はその周波数で決定される表皮厚さを持つ導体表面層のみを流れ、その厚さよりも内部に電界は全く存在しない。したがって、異常放電なく原料ガスを導体板まで輸送できる。しかし、テーパ状の給電点付近では強電界が存在するため多孔質セラミック24で充填している。

【0021】なお、プラズマと直接接するグラファイト板の微細孔は、異常放電を防止するために放電可能空間以下の径となっている。

【0022】（実施例3）図5に別の実施例を示す。図5は図4の記載の電磁波放射アンテナのガス導入方法を変更した詳細図である。TM01モードを励振する場合、TM11モードと異なり、中心からずれた位置に円周上に電界の節が存在する。したがって、図5に示すよ

うに電界強度の最小となる位置からガスを導入することも可能である。

【0023】その他、本実施例の動作及び詳細については図1の実施例と同様であるため、説明は省略する。

【0024】

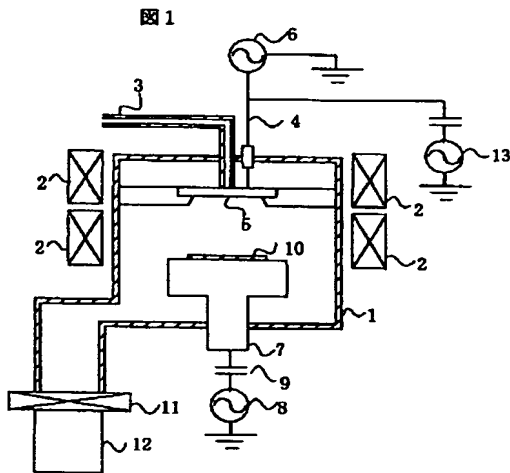
【発明の効果】本発明により、MSA構造を有するプラズマエッチング装置において問題となる、大口径ウェーハへの原料ガス供給及び電磁波供給の不均一性が大きく低減され、大面積でも均一なプラズマを生成することができ、歩留まりの向上に貢献できる。

【0025】以上のことから、例えばフロロカーボンをういたシリコン酸化膜エッチングにおいて、0.2マイクロメートル以下の超精密加工を12インチ以降の大口径ウェーハを用いた場合でも、均一、高精度且つ高速加工といった要求を同時に満たすことができる。

【図面の簡単な説明】

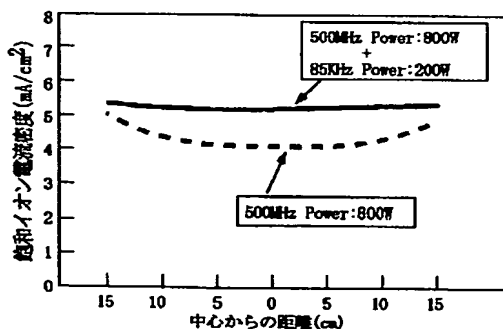
【図1】本発明で用いるドライエッチング装置の概略図。

【図1】



【図3】

図3



* 【図2】図1で用いる電磁波放射部の詳細図。

【図3】UHF帯電磁波に高周波バイアスを重畳させたときの飽和イオン電流密度の径方向分布を示す図。

【図4】本発明で用いる図2とは別の電磁波放射部の説明図。

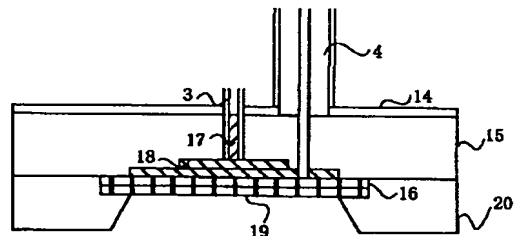
【図5】本発明で用いる図2、図4とは別の電磁波放射部の説明図。

【符号の説明】

1. 真空容器、2. 空心コイル、3. ガス導入管、4. 同軸線路、5. 電磁波放射アンテナ、6. 500MHz電源、7. 下部電極、8. 高周波バイアス電源、9. ブロッキングコンデンサ、10. ウェーハ、11. コンダクタンスバルブ、12. 真空排気系、13. 85KHzバイアス電源、14. アース電位導体板、15. 誘電体、16. 円板状導体板、17. 多孔質セラミック、18. 多孔質セラミック円板、19. グラファイト板、20. 石英リング、21. テーパー状同軸線路芯線、22. ノッチフィルタ、23. 同軸線路芯線。

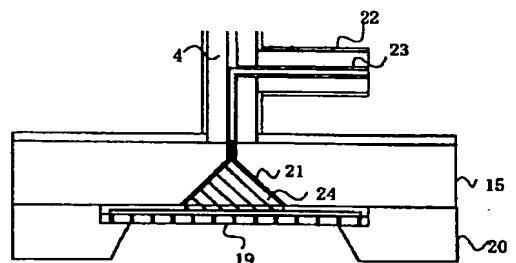
【図2】

図2



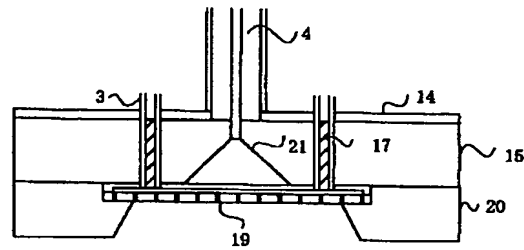
【図4】

図4



【図 5】

図 5



フロントページの続き

(72)発明者 伊澤 勝
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 田地 新一
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内